



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

---

**Dinámica del bosque húmedo tropical en un  
periodo de 30 años de intervenciones y sus  
efectos en algunas variables edafológicas.  
Bajo Calima, Buenaventura, Colombia**

**Luz Amalia Forero Peña**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarios  
Sede Palmira, Colombia

2014



**Dinámica del bosque húmedo tropical en un  
periodo de 30 años de intervenciones y sus  
efectos en algunas variables edafológicas.  
Bajo Calima, Buenaventura, Colombia**

**Luz Amalia Forero Peña**

Tesis investigación presentada como requisito para optar al título de:  
**Doctora en Ciencias Agropecuarias**

Director:

Doctor: Ramiro Ramírez Pisco

Línea de Investigación: Suelos y Aguas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agropecuarios

Sede Palmira

2014





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE PALMIRA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE JURADO DE TESIS

DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
LINEA DE INVESTIGACIÓN MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

En Palmira a los 27 del mes de junio de 2014, se reunió en esta Sede el Jurado Calificador de Tesis, integrado por los doctores HUGO FERNEY LEONEL, JOEL TÚPAC OTERO y MARTHA LIGIA CASTELLANOS, para calificar la Tesis de Grado de:

**LUZ AMALIA FORERO PEÑA**

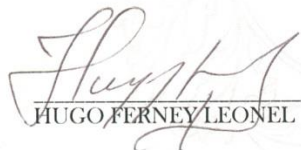
Titulada:

"DINÁMICA DEL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL EN UN PERIODO DE 30 AÑOS DE INTERVENCIONES Y SUS EFECTOS EN ALGUNAS VARIABLES EDAFOLOGICAS. BAJO CALIMA, BUENAVENTURA, COLOMBIA", bajo la dirección del Profesor Ramiro Ramírez Pisco.

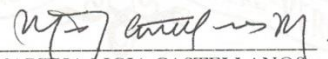
Después de terminada la sustentación, el jurado evaluador compuesto por los investigadores HUGO FERNEY LEONEL, JOEL TÚPAC OTERO y MARTHA LIGIA CASTELLANOS, mediante deliberación privada decidieron calificar la tesis como:

APROBADA X

REPROBADA       

  
HUGO FERNEY LEONEL

  
JOEL TÚPAC OTERO

  
MARTHA LIGIA CASTELLANOS



## *Dedicatoria*

*A Dios mi protector*

*A mis adorados hijos: Mateo Alfredo y Gabriela Andrea y mi querido nieto Juan Pablo y los que están por nacer, por quienes hago todo lo que hago.*

*A mis padres: Aura María por todo su amor y oraciones y Alfredo (QEPD) por su ejemplo de vida.*

*A mis hermanos: José, Fredy, Nancy, Amparo y Danilo por su apoyo incondicional, especialmente en los momentos más difíciles.*

*A mis queridos sobrinos: Claudia, Marcela, Juan, Susan, Guillermo y Ana María y los que están por nacer.*

*Para todos ellos mil y mil bendiciones.*





## **Agradecimientos**

Agradezco el invaluable apoyo permanente y asesoría del Doctor Ramiro Ramírez Pisco y la Doctora Edna Ivonne Leiva, tanto en el trabajo de campo como en el laboratorio, además por su confianza y ayuda incondicional.

A los estudiantes del grupo Agroxue de la Universidad Nacional de Colombia, por el apoyo en el trabajo de campo y laboratorio.

A los funcionarios del Centro Forestal Tropical Bajo Calima por su apoyo permanente e incondicional.

A la Universidad del Tolima por asignarme una parte de tiempo para la culminación de esta investigación, al Dr. Jairo Mora y Ing. Milena Segura.

Al Dr. Juan Carlos Menjivar, director del postgrado y a los profesores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

A los revisores de este trabajo que con sus contribuciones elevaron su calidad:

Dra. Martha Ligia Castellanos de la Universidad de la Guajira

Dr. Hugo Ferney Leonel de la Universidad de Nariño

Dr. Tupac Otero de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira

Dr. Glenn Galloway de la Universidad de la Florida, USA

Ing. Fabio Lozano Useche, EMBRAPA, Br.

Dra. Edna Ivonne Leiva de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Dr. Ramiro Ramírez Pisco de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.



## Resumen

Los bosques húmedos tropicales del Bajo Calima, Buenaventura, Colombia, conocidos en el pasado por su gran biodiversidad y por su particular aprovechamiento forestal a tala rasa y exuberante regeneración natural sucesional, ahora son de propiedad de las comunidades negras quienes lo intervienen de manera selectiva para el aprovechamiento de algunos productos maderables y no maderables. Fueron evaluados con el objetivo de conocer la dinámica del bosque secundario (Bs) basado en los cambios progresivos en el tiempo, luego de más de 20 años de abandonar el sistema de tala rasa y pasar a la tala selectiva de los bosques regenerados.

La cuantificación de los cambios en las variables de producción y riqueza de la vegetación arbórea y de las propiedades físicas y químicas de los suelos, fue evaluado en un mínimo de tres parcelas (0,1 ha) sobre las edades de 23.4, 27, 31 y 35 años y sus resultados comparados con un bosque secundario maduro y otro primario en buen estado de conservación.

Los valores encontrados no evidenciaron diferencias dentro de la serie de tiempo del bosque secundario (exceptuando la edad de 27años), pero si mostraron diferencias altamente significativas entre éste y el bosque primario. El área basal alcanzó un promedio de  $15 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ , el volumen de  $87 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  y la biomasa de  $54,3 \text{ ton.ha}^{-1}$ , esto representa el 45%, 29% y 22% con respecto al bosque primario y 94%, 50% y 49% con respecto al secundario maduro. Con ningún modelo matemático se encontró relación entre las distintas variables y la edad ( $P > 0.5$  y  $R^2 < 30\%$ ). En el Bs, la riqueza florística alcanzó un 90% de la total del bosque primario y prevalece la dominancia de las especies pioneras.

Algunas variables de los suelos tienen un comportamiento variable entre edades y presenta diferencias estadísticas significativas con respecto al bosque primario. En conclusión, en el Bs las variables de productividad son similares dentro de los periodos de tiempo analizado pero difieren del bosque primario, no se encontró relación ni lineal ni con otros modelos entre la edad del bosque secundario y las variables productivas. En suelos con edafogénesis similar, no se presentó la cronosecuencia esperada en nutrientes y carbono orgánico. El efecto conjunto

entre la muerte de especies pioneras y la tala selectiva produce reducción significativa de la estructura del bosque secundario,

**Palabras clave: Cronosecuencia, estructura, diversidad, bosque secundario tropical, suelos.**

## Abstract

Tropical rain forests from Bajo Calima, Buenaventura, Colombia, were known in the past for their great biodiversity and uncommon harvesting practices involving clear cutting and vigorous successional growth. Today they are owned by communities of Afro-American descent, who selectively harvest timber and non-timber products.

Forests fragments were evaluated in a periodic fashion to understand the dynamics of the secondary forest over time, specifically their conservation status more than 20 years after clear-cutting. Changes in forest structure and richness and the physical and chemical properties of soils were evaluated in a minimum of three plots (0.1 ha) at 23.4, 27, 31 and 35 years after clear cutting.

Results were compared to those obtained in a mature secondary forest and in an intact, primary forest. Values showed no significant differences over time within and between secondary forests (except at 27 years), differences were highly significant when comparing secondary and primary forests. In the secondary forests, basal area averaged  $15 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ , volume  $87 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  and biomass  $54.3 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ , which corresponded to 45%, 29% and 22%, respectively, of primary forest levels and 94%, 50% and 49% with respect to mature secondary forests. No statistically significant models were derived between the variables of interest and age ( $P > 0.5$  and  $R^2 < 30\%$ ).

On the other hand, floristic richness reached 90% of that found in primary forest with a predominance of pioneer species. In conclusion, the results suggest the emergence of a rather static secondary forest failing to achieve the situation found in “mature” secondary forests and even less so, the characteristics of primary forest that preceded it.

**Keywords: Chronosequence, Structure, Diversity, Tropical secondary forest, soils.**

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>XI</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>XVII</b>
<b>Lista de Tablas .....</b>	<b>XIX</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Revisión de literatura .....</b>	<b>11</b>
1.1 Los bosques húmedos tropicales.....	11
1.2 Bosques secundarios .....	12
1.3 El aprovechamiento de los bosques naturales.....	13
1.4 El crecimiento de las especies en el bosque.....	14
1.5 Estudio de la dinámica de la vegetación .....	17
1.6 Los suelos de los bosques tropicales.....	20
1.7 Características generales del reciclaje de nutrientes en bosques tropicales. .	20
1.7.1 Factores que controlan el reciclaje de nutrientes y afectan la productividad de bosques tropicales.....	22
1.8 Influencia de los cambios sobre el bosque tropical .....	26
1.8.1 Dinámicas socioeconómicas que afectan los bosques tropicales .....	27
<b>2. Materiales y Métodos .....</b>	<b>29</b>
2.1 Localización del área de estudio.....	29
2.2 Edades y parcelas de muestreo.....	30
2.3 Variables de estructura horizontal y diversidad .....	33
2.4 Variables de suelo .....	33
2.5 Análisis de los resultados .....	35
<b>3. Resultados y Discusión .....</b>	<b>37</b>
3.1 Estructura horizontal y diversidad del bosque secundario.....	37
3.1.1 Estructura horizontal .....	37
3.1.2 Diversidad florística .....	42
3.1.3 Discusión .....	45
3.1.4 Relaciones y predicciones.....	50
3.2 Suelos .....	54
3.2.1 Propiedades físicas de los suelos .....	54
3.2.2 Propiedades químicas de los suelos .....	55
3.2.3 La hojarasca y sus propiedades químicas.....	57

3.2.4	Efecto de la vegetación en el suelo.....	59
3.2.5	Efecto del suelo en la vegetación .....	59
3.2.6	Efecto de edad sobre los cambios en las propiedades de suelo .....	60
3.2.7	Modelo de rendimiento de área basal a partir de variables edáficas ....	61
3.2.8	Discusión .....	62
<b>4.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>69</b>
<b>5.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>71</b>
<b>6.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>83</b>



## Lista de Figuras

	Pág.
<b>Figura 2-1:</b> Zona de estudio. Consejos Comunitarios del Bajo Calima y La Brea. Área resaltada corresponden a los frentes aprovechados por la concesión forestal entre 1970 y 1993, la carretera a Juanchaco divide el área en dos frentes (repeticiones), toda la porción de mapa de suelo corresponde a la Unidad Cartográfica de Suelos - LUAE1.	32
<b>Figura 3-1:</b> Cambios del área basal ( $ABm^2.ha^{-1}$ ) con la edad del bosque secundario intervenido, evaluado en cuatro edades después de la tala rasa y comparado con un bosque secundario conservado (>40 años) (árboles con $DAP > 10$ cm). Buenaventura, Colombia.	38
<b>Figura 3-2:</b> Análisis de regresión entre el área basal del bosque secundario intervenido, evaluado en cuatro edades después de la tala rasa (árboles con $DAP > 10$ cm). Buenaventura, Colombia.	39
<b>Figura 3-3:</b> Relación lineal simple (a) y modelo polinomial (b) del volumen (Vol.) del bosque secundario intervenido, con respecto a la edad después de la tala rasa (árboles con $DAP > 10$ cm). Buenaventura, Colombia.	40
<b>Figura 3-4:</b> Cambios en la biomasa aérea a través del tiempo en el bosque secundario intervenido, en cuatro edades después de la tala rasa (árboles con $DAP > 10$ cm), y comparado con un bosque secundario conservado y un bosque primario. Buenaventura, Colombia. Los valores de las barras son el resultado del promedio de mínimo tres parcelas de 0.1 ha por edad y de las dos repeticiones.	41
<b>Figura 3-5:</b> Distribución del número de árboles por clase diamétrica ( $DAP > 10$ cm, todas las especies) en cada una de las edades del bosque secundario. BSC: bosque secundario conservado, BP: bosque primario.	42

<b>Figura 3-6:</b>	Riqueza del bosque secundario expresada como el número de especies por gremio: especies <i>pioneras</i> incluyen heliófitas efímeras y durables, especies <i>clímax</i> incluyen esciófitas parciales y totales. El número de especies es el promedio de parcelas de 0.1 ha para las dos repeticiones (árboles con DAP>10 cm). Buenaventura, Colombia.	44
<b>Figura 3-7</b>	Comparación del Índice de Shannon en diferentes edades del bosque secundario intervenido, después de la tala rasa y comparado con un bosque secundario conservado (>40 años) y con el bosque primario (árboles con DAP>10 cm). Buenaventura, Colombia.	45
<b>Figura 3-8:</b>	Análisis de regresión del área basal ( $ABm^2 \cdot ha^{-1}$ ) del bosque secundario intervenido, evaluado en cuatro edades después de la tala rasa (árboles con DAP>10 cm). Buenaventura, Colombia.	45
<b>Figura 3-9:</b>	Dinámica del área basal en dos periodos de tiempo del bosque secundario. Bajo Calima. Buenaventura. Colombia.	51
<b>Figura 3-10:</b>	Estimación de la tendencia del crecimiento de la biomasa en bosques secundarios. Los rombos negros provienen del estudio de Faber-Langendoen (1992). La línea continua representa la regresión lineal simple y la línea punteada una regresión de tipo polinómica.	52
<b>Figura 3.11:</b>	Correlaciones entre variables productivas del bosque secundario y la materia orgánica del suelo (MO%). a) Número de árboles, b) área basal ( $AB m^2 \cdot ha^{-1}$ ), c) Volumen y d) Biomasa.	60
<b>Figura 3-12.</b>	Cambio del Carbono orgánico del suelo (COS%) en diferentes edades del bosque secundario.	61

## Lista de Tablas

	Pág.
<b>Tabla 1-1:</b> Cambios observados en la estructura del bosque húmedo tropical secundario y sus comparaciones con el bosque primario. Bajo Calima, Buenaventura, Colombia (a): Forero-Peña y Ordóñez 1992, b) Faber-Langendoen 1992, c) Martínez 2006.	7
<b>Tabla 3-1:</b> Cambios en la estructura del bosque secundario después de la tala rasa a través del tiempo, comparada con un bosque secundario conservado (>40 años) y uno primario (BP) (árboles con DAP>10 cm). Buenaventura, Colombia. 2013.	37
<b>Tabla 3-2:</b> Cambios comparados en la diversidad (riqueza de especies de árboles mayores a 10 cm de DAP) en cuatro edades del bosque secundario, con respecto a un bosque secundario conservado (>40 años) y un bosque primario (BP).	43
<b>Tabla 3-3:</b> Comparación de las propiedades físicas del suelo en el bosque primario y el bosque secundario. Los valores corresponden al primer horizonte de suelo (0-10 cm). DMPS: diámetro promedio ponderado en seco de agregados, DMPH: diámetro promedio ponderado en húmedo de agregados. Prueba de rango múltiple Duncan.	54
<b>Tabla 3-4:</b> Comparación de las propiedades químicas del suelo en el bosque primario y el bosque secundario. Los valores corresponden al primer horizonte de suelo (0-10 cm).	56
<b>Tabla 3-5:</b> Cantidad de hojarasca y cambios en las propiedades químicas de la hojarasca en suelo del bosque secundario y el bosque primario. Los valores corresponden al primer horizonte de suelo (0-10 cm).	58
<b>Tabla 3-6:</b> Parámetros del modelo de regresión múltiple para el área basal de la vegetación arbórea del bosque secundario como un efecto de variables del suelo.	62



## Introducción

El bosque húmedo tropical ha sido ampliamente explotado y reducido, hasta el punto que actualmente una extensa área de bosques secundarios los ha remplazado en la producción de bienes y servicios ecosistémicos. Según la FAO (2012), actualmente una gran parte de los bosques en América Latina y el Caribe continúa siendo utilizada principalmente como fuente de madera, algunos son usados solamente para la obtención de productos forestales no maderables y provisión de servicios ambientales y en otros casos la madera es solo un producto secundario en los procesos de cambio de uso del suelo. Los bosques húmedos tropicales son los más perjudicados por su conversión a tierras agrícolas (FAO 2010).

No obstante que la deforestación se redujo en América Latina y el Caribe en la última década, las pérdidas netas anuales superaron los 4 millones de hectáreas entre el 2000 y 2010 en Sudamérica (FAO 2010). Actualmente en América Latina, 165 millones de hectáreas de bosques secundarios (Bs) reemplazan la producción de bienes y servicios ecosistémicos que antes provenían los bosques primarios. En Centroamérica los bosques secundarios representan una opción importante y en algunos casos hasta única, para la extracción de productos maderables y no maderables en áreas casi totalmente deforestadas (Ferreira, et. al. 2001). Colombia posee más de ocho millones de hectáreas de Bs (vegetación secundaria), equivalentes a casi el 12% de la superficie total de bosques del país (IDEAM 2008).

En el mundo, desde finales de la década de los años 90, hay un creciente esfuerzo por detener la deforestación (FAO, 2011) y paralelamente en Latinoamérica se inició una gran cantidad de estudios detallados sobre la ecología de los bosques tanto naturales como secundarios y hay por trabajos para evaluar las existencias de carbono en la biomasa de estos ecosistemas, dada la importancia del cambio climático (Dubois 1990, Saldarriaga y Uhl, 1991, Finegan 1992 y 1997, Zent 1995, Guariguata, et al. 1997, Chazdon y Coe 1999, Francis 2000, Ferreira 2001, Orrego y del Valle 2003, Chazdon, et. al. 2007, Alvarez et.al. 2012). Esto ha favorecido el conocimiento de la dinámica de la productividad de los ecosistemas en el tiempo, porque para dichos estudios es prioritario establecer la línea base, y se han desarrollado modelos.

En Colombia desde hace varios años se ha establecido una red de parcelas permanentes con el fin de conocer la dinámica de los bosques del país, aunque solo en unos pocos sitios existen datos de más de cinco años de medición, entre los que se destacan los estudios realizados en la cuenca media del río Porce (Orrego y del Valle 2003) y los de dos parcelas establecidas en un bosque pluvial tropical del Chocó.

Por otro lado, el manejo de los Bs se ha visto obstaculizado por la complejidad de éstos ecosistemas, De las Salas (2002) ha encontrado descripciones donde se menciona que éstos bosques secundarios no producen madera comercial y que los árboles son demasiado pequeños y sin valor. Martínez (2006) asegura además, que la composición florística impide su manejo. Sin embargo, la mayoría de autores concuerda en que los Bs brindan una amplia variedad de productos, servicios ecosistémicos y oportunidades sociales y económicas por lo que es necesario conocerlos y manejarlos para cumplir múltiples objetivos (Guariguata 2013).

Cuando el bosque original es alterado de manera natural o antrópica, la cobertura vegetal que aparece tiene características particulares dentro del proceso de regeneración. Se considera que el proceso va por etapas y éstas son sucesivas en el tiempo (sucesionales). Las sucesiones son de carácter dinámico y tienden a un estado de equilibrio o clímax, comúnmente conocido como bosque secundario, con características similares a la del bosque original. Las diferentes etapas sucesionales difieren florística y estructuralmente; en una etapa sucesional los componentes y procesos comunes se pueden agrupar y estudiar como una asociación. Desde 1965 se ha hecho estudios de sucesión en bosques tropicales de América (Budowski 1965), los más reportados son los trabajos de EMBRAPA (Carvalho 1997) e INPA en la amazonía brasileña, CATIE en Costa Rica, Centro América y México, y otros trabajos de Puerto Rico, Panamá (Foster y Brokaw 1982), Venezuela y Colombia, (Saldarriaga y Uhl 1991).

La dinámica de estos nuevos bosques secundarios, también puede verse afectada por perturbaciones naturales como el fuego, plagas, enfermedades e inundaciones y también por intervenciones antrópicas como la deforestación; los efectos de estas perturbaciones en bosques secundarios están menos estudiadas. Se ha descrito, por ejemplo, que las primeras etapas sucesionales en los Bs son altamente vulnerables al cambio de uso de la tierra, lo que significa que una pérdida de alguno de los atributos de los suelos o de la vegetación, como por ejemplo la estructura florística (Guariguata y Kattan 2003) influirá negativamente en su funcionamiento y habrá una posible disminución de la capacidad productiva.

Los estudios de cronosecuencia son un método clave en la investigación sobre la sucesión del bosque secundario. Una evaluación espacio temporal permite a los investigadores examinar un marco de tiempo mucho mayor de lo que sería otra manera factible (Chazdon, et. al. 2007), el análisis directo (análisis de medidas repetidas en el tiempo) de un periodo largo, de los procesos que median el cambio (crecimiento subyacente, mortalidad y reclutamiento); el método de

cronosecuencias también corrige errores por una potencial variación climática interanual que podría confundir a una de serie de tiempo. Cabe anotar, sin embargo, que las cronosecuencias sólo permiten hacer inferencias de cambios en la sucesión pero no rempazan el análisis directo (Chazdon, et. al. 2007).

En Colombia, pocos trabajos han sido desarrollados en el tema de la dinámica de Bs intervenidos, lo que impide identificar las tendencias productivas del área basal, (AB), el volumen (vol) y la biomasa (B), así como los cambios en la diversidad y el suelo (materia orgánica, nutrientes y otros minerales). Específicamente en bosques de Buenaventura, los enfoques han estado centrados en describir impactos y composición florística (Martínez, 2006).

En los suelos, las investigaciones se han concentrado en evaluar los impactos de la tala y posterior cambio de uso de la tierra (Aide, et. al.1996), el caso de la “tumba y quema” del bosque y su recuperación en el tiempo (Saldarriaga y Uhl 1991), la rotación de cultivos (Sánchez 1977) y el reciclaje de nutrientes (Montagnini y Jordan 2004).

En Buenaventura, los estudios en Bs antes de iniciarse las intervenciones selectivas, se realizaron a edades tempranas de la regeneración, especialmente sobre las primeras fases sucesionales (Mazuera 1979, Rojas 1979, Ladrach 1985, Niño 1989, Forero-Peña y Ordóñez 1992, Faber-Languendoen 1992, Faber-Langendoen and Gentry 1992, De las Salas et al. 1998) así como un análisis comparativo del suelo en el bosque, antes y después de la tala rasa (Cannon 1985, Faber-Languendoen 1992). P pocos trabajos se registraron en edades avanzadas de la sucesión. En bosques secundarios intervenidos, tres estudios se reportan para la zona (Martínez 2006, Nieto 2009, Melo y Lozano 2009), pero ningún trabajo en la dinámica de éstos.



En el campo forestal, el manejo del bosque se plantea desconociendo la dinámica del lugar. Los estudios mencionados no se extendieron a cronologías amplias, si no a los primeros estadios de la sucesión. Este resultado exploró las variables más representativas del Bs intervenido más allá en el tiempo de estudios que lo precedieron, y si bien, esta investigación no exploró todas las variables hace una aproximación para la formulación futura de un plan de manejo con una mejor aproximación a la realidad.

Esta investigación permitió conocer la dinámica de Bs sobre la hipótesis planteada que cada una de las edades estudiadas (de 20 hasta 40 años de edad) representa etapas sucesionales del bosque en su trayectoria a ser similar al bosque primario, después de 20 años de abandono del aprovechamiento del sistema de manejo a tala rasa y su transición a tala selectiva. En donde cada edad corresponde con cambios en las variables productivas del bosque AB, Vol, y Biomasa, así como en las variables de las propiedades físicas y químicas del suelo. Bajo la pregunta de si los tiempos evaluados después de la tala le permitieron al bosque retornar a su estado original en términos de la estructura horizontal como abundancia y variables de producción (AB, Vol y biomasa aérea - Ba), la diversidad y la propiedades físicas y químicas de los suelos del Bs. De esta manera, la evaluación del impacto causado por el hombre en el bosque, se evaluó entonces no solo a nivel de vegetación, sino a nivel de otros procesos del ecosistema, los cuales son mediados por la vegetación misma.

Los objetivos planteados en esta investigación correspondieron: 1) Identificar los cambios en una cronosecuencia de las variables productivas (AB, Vol y B) y la diversidad; 2) Identificar los cambios en el tiempo de las propiedades físicas y químicas del suelos; 3) Determinar la trayectoria de la dinámica del área basal desde los años 1988 hasta el 2030 del Bs; y 4) Modelar la tendencia de la materia orgánica y carbono orgánico del suelo y proponer un modelo de rendimiento del área basal del Bs con base en variables del suelo.

- **Antecedentes de investigaciones en el bosque secundario del Bajo Calima, Buenaventura**

Los bosques del Bajo Calima, conocidos en el pasado por su gran biodiversidad y por su particular manejo forestal (Faber-Langendoen 1992, Faber-Langendoen y Gentry 1991) y en pasado más reciente por su conversión a áreas de propiedad comunal de los Consejos Comunitarios del Bajo Calima y la Brea (Ley 70 de 1993), ha merecido especial atención por sus connotaciones sociales y ambientales en el contexto mundial.

Por ejemplo, Rojas (1979) encontró que los bosques primarios de colinas bajas del Bajo Calima (con DAP > 10 cm) se caracterizaban por una gran variedad florística, alrededor de 180 especies, y producían al menos 25,4 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> de área basal y un volumen total de 152,3 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. Las familias con mayor representatividad por su número de especies, encontradas por este autor fueron: Sapotaceae, Annonaceae, Guttiferae, Myristicaceae y Burseraceae. Las palmeras de gran porte son frecuentes e inclusive ocupan un 42% del área.

En el Bajo Calima, la Concesión Forestal de Cartón de Colombia, intervino 35.270 hectáreas entre 1960 y 1990 y se conservaron 23.600 hectáreas de bosque primario.

Entre 1985 y 1991, Mazuera 1985, Ladrach (1985), Forero- Peña y Ordoñez (1992), así como Faber-Langendoen (1992), determinaron la estructura y diversidad en edades tempranas de la regeneración natural después de la tala rasa en los bosques del Bajo Calima. Los autores, compararon los resultados de información proveniente de parcelas temporales de muestreo de edades conocidas y diferentes de la sucesión, considerando que la cronosecuencia podía interpretarse como el conjunto de estadíos de la sucesión y comprobando dicha hipótesis.

Estos autores, encontraron que en el bosque secundario el número de especies aumentó considerablemente en relación a las fases sucesionales más tempranas (Tabla 1-1) (Mazuera 1985, Forero-Peña y Ordóñez 1992 y Faber-Languendoen 1992). De las Salas et al. 1998 lo corroboraron posteriormente. Martínez (2006) evaluó en una edad posterior el impacto de la tala selectiva sobre el bosque regenerado.

Varias preguntas surgieron durante las investigaciones citadas y también se debatió la hipótesis que el área basal igualaría al bosque maduro en 30 años, tiempo que se fijaría como “tiempo de rotación” para continuar con el sistema de aprovechamiento de tala rasa (Mazuera 1979). Faber-Languendoen (1992) advirtió que sería un modelo poco realista ya que la biomasa podía declinar entre los 15 y los 30 años por la muerte natural de muchas especies pioneras.

Wright en 1997 reportó que la mayoría de estos bosques estaban siendo intervenidos en algún grado por los colonos para obtener varas empleadas en la

**Tabla 1-1:** Cambios observados en una cronosecuencia de la estructura del bosque húmedo tropical secundario joven y sus comparaciones con el bosque primario. DAP > 10 cm. Bajo Calima, Buenaventura, Colombia (a): Forero y Ordóñez, 1992 (b) Faber- Fangendoen, 1992 (c) Martínez 2006.

(a) Variables	Bosque secundario* (edad años)				De las Salas 1998 Edad (años)			Bosque primario (Rojas, 1979)
	5	10	15	20	8	18	BP	
Especies	113	116	117	117				180
Géneros	76	76	77	81				80
Familias	33	35	34	32				40
No. Árboles ha <sup>-1</sup>	269	587	581	561	573	588	543	266
No. Palmas	1567	1539	1869					2000
Cociente de mezcla	1:3	1:7	1:6	1:5				
Índice de complejidad	9,48	5,5	40,7	162				16,15
Área basal total (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	4,06	9,33	12,88	19,67	9,3	16,2	27,4	25,4
Volumen total (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	17,24	55,85	86,33	124,35	58,4	130	287	382,5

\*Datos de Forero-Peña y Ordóñez, 1992

(b)

Edad (años)	Frente	Area basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Biomasa(ton-ha <sup>-1</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Densidad (NA.ha <sup>-1</sup> )
0.4	1	1.5	7.8	10.8	90
	2	2.0	6.6	9.2	130
4	1	2.0	7.5	11.6	120
	2	1.2	7.9	9.6	80
8	1	6.9	29.0	43.1	480
	2	10.4	61.3	92.8	690
12	1	10.9	66.7	97.9	690
	2	14.2	93.1	146	800
18	1	12.0	63.7	97.5	470
BP	1	29.7	235.9	329.5	790
	2	24.4	187.7	259.9	770

Datos tomados para árboles > 10 cm DAP de Tabla 1, pag 222, Faber- Langendoen, 1992. El frente hace referencia a las repeticiones, Columna 2.

(c)

Edad (años)	Area basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Densidad(NA.ha <sup>-1</sup> )	Indice de Shannon (H')
35	9,4	72,7	425	4,14

\*Datos tomados y modificados de Martínez (2006). La modificación consistió en sumar solo los árboles > 10 cm de DAP

Construcción, postes para cercas y otros productos. Actualmente la mayoría de los bosques son intervenidos de manera selectiva para extraer recursos maderables y no maderables, entre otras actividades (Forero–Peña y Mora, 2010). En 2006, Martínez reportó que el diámetro promedio de corta en bosques secundarios de 35 años, es de 10.2 cm, y encontró tocones de 447 árboles.ha<sup>-1</sup> que habían sido cortados para ser comercializados como varas y tucas, entre los productos más importantes, de 115 especies diferentes. Según el autor, de las 10 especies más importantes ecológicamente en el bosque, 9 son preferidas por los corteros para su aprovechamiento, lo cual es lógico por ser las especies que más oferta el bosque y por tanto las más fáciles para ser encontradas. Los bosques mejor conservados se ubican al norte del río Calima (Martínez, 2006).

Martínez (2006), además determinó el efecto de la intervención antrópica sobre la estructura, riqueza, composición y diversidad de la comunidad arbórea >5 cm a nivel de sitios y gremios del bosque secundario de 35 años y concluyó que en el Bajo Calima, la intensidad y frecuencia de perturbación de los bosques

secundarios puede resultar relevante para el proceso de reconstrucción de la diversidad. El autor esperaba que en los bosques secundarios del Bajo Calima se verificara la hipótesis de las “perturbaciones intermedias” (Connell 1978). El autor no pudo verificar esta hipótesis.

Respecto a los suelos, Cannon (1985) encontró en el bosque primario y después del corte a tala rasa que eran muy similares en textura y composición química; en su mayor parte son deficientes en nutrientes disponibles y principalmente en P, Ca, Mg, Cu, B, Mn, y Zn. El porcentaje de saturación de aluminio es muy alto, indicando niveles tóxicos en el suelo. Además no encontró efecto importante en el suelo debido al sistema de cosecha y la extracción de la madera, a excepción de la cantidad de hojarasca en la superficie, la cual disminuyó después del corte y la disponibilidad de Ca, la que se aumentó después del corte del bosque. Estos suelos presentan una baja capacidad de intercambio catiónico. El pH fluctuó entre 4,5 y 6,6, el contenido de bases es baja, con una alta concentración de aluminio intercambiable, la textura arcillosa y franco arcillosa y el fósforo soluble fué menor a 15 mg Kg<sup>-1</sup>.









































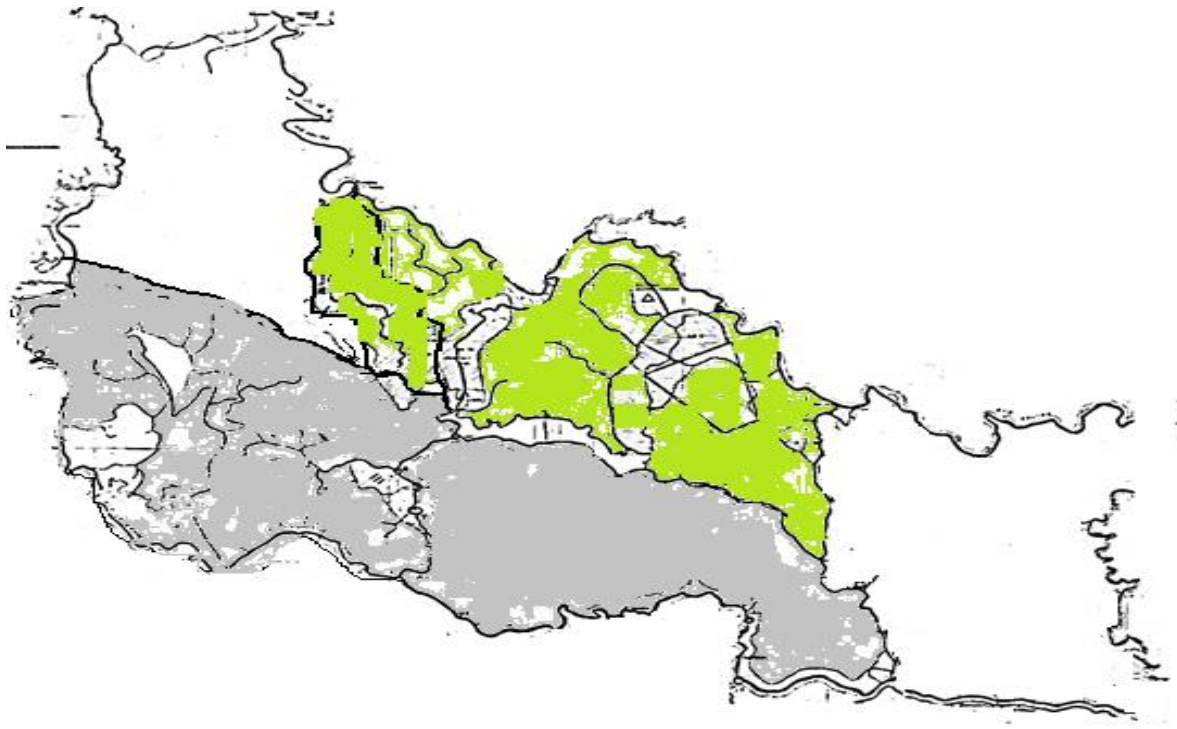
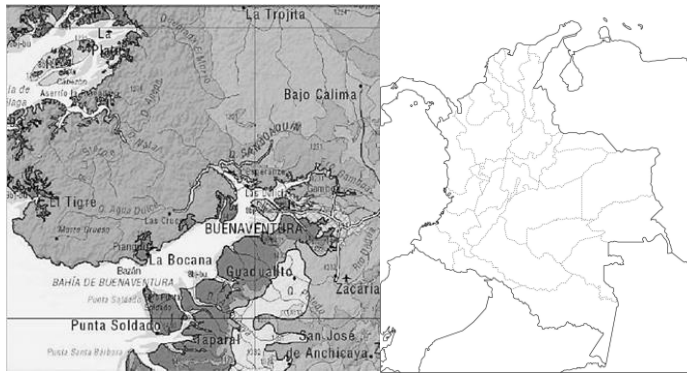














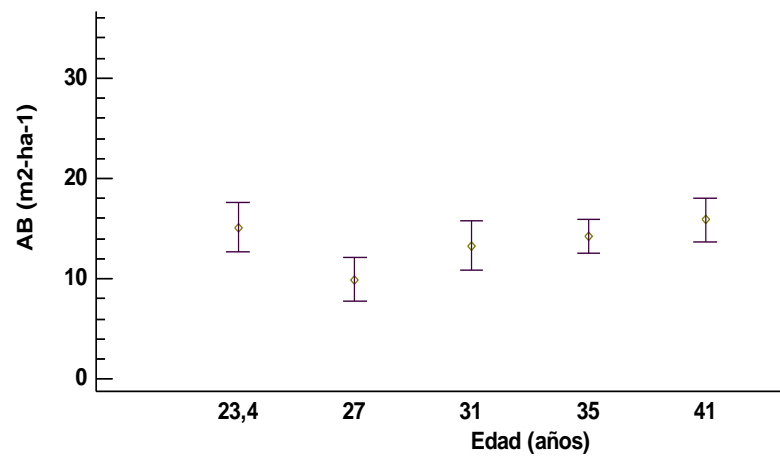


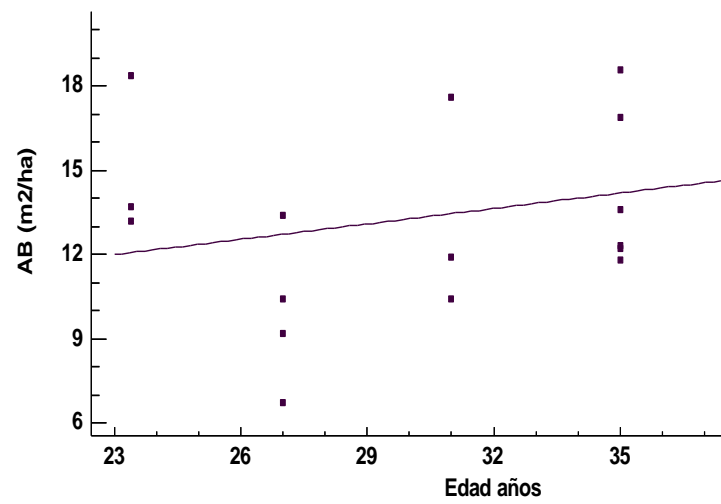


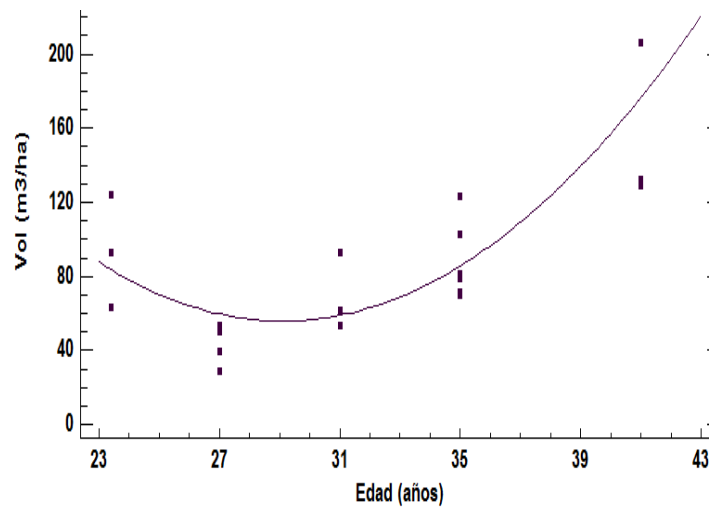
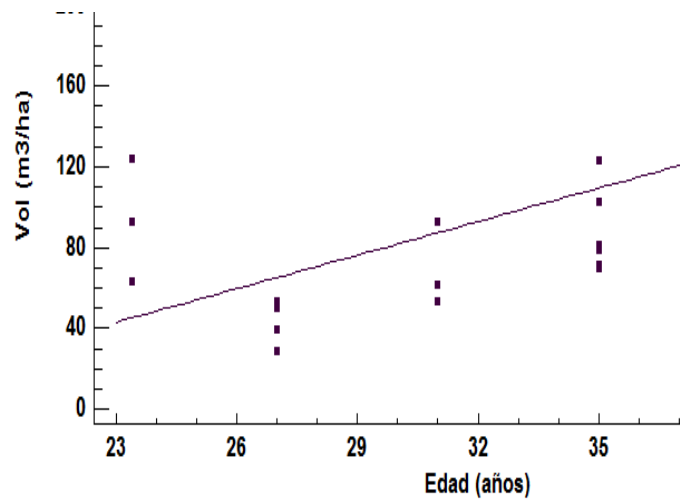


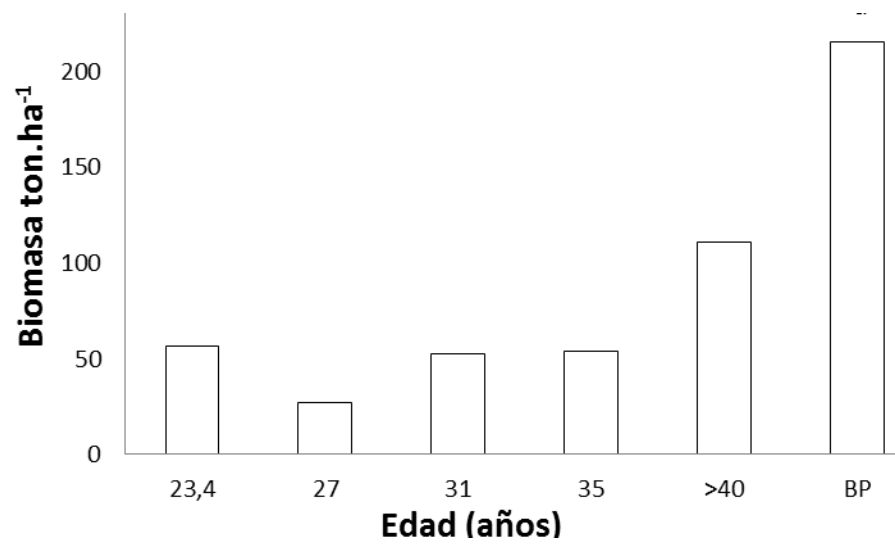














---

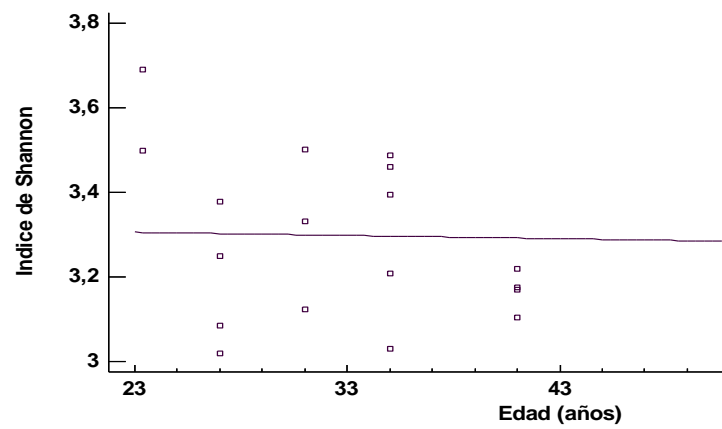
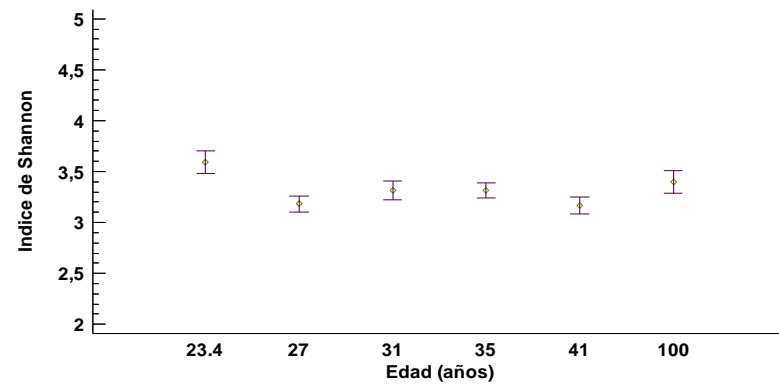
---

---

---



























---

---

---

---

---

---

---



---

---

---









---

---

---

















**Dinámica del bosque húmedo tropical en un periodo de 30 años de intervenciones y sus efectos en algunas variables edafológicas. Bajo Calima, Buenaventura, Colombia**

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

















## D. Aneo. Resumen de los estadísticos de todas las variables del bosque secundario

Variable	N	Media	Dev tip	Suma	Mínimo	Máximo
AREABASAL	18	14.93333	7.68826	268.80000	5.30000	35.80000
VOLUMEN	18	94.27778	78.40481	1697	21.50000	318.50000
BTON	18	65.07933	69.02329	1171	11.46393	295.05636
NA	18	633.79630	169.46456	11408	360.00000	893.33333
DAP	18	16.06924	2.82678	289.24632	12.63289	24.98237
HT	18	10.34285	2.13637	186.17128	7.50000	13.97727
DMPS	18	3.82673	0.60374	68.88113	3.07525	5.37203
DMPH	18	3.53054	0.50676	63.54964	2.65035	4.63706
DA	18	0.98578	0.19175	17.74403	0.63909	1.32097
DR	18	2.16685	0.15028	39.00339	1.88600	2.42173
POROSIDAD	18	53.71801	10.78076	966.92415	37.43819	71.63442
HOJARASFRES	18	362.79269	87.04855	6530	215.00000	520.00000
HOJARASEC	18	116.95463	37.73681	2105	59.16667	208.66667
A	16	52.15833	6.63927	834.53333	39.33333	66.80000
L	16	25.65000	2.77379	410.40000	17.60000	28.40000
AR	16	22.19167	5.14466	355.06667	15.60000	34.66667
PH	16	4.66375	0.21693	74.62000	4.26667	5.00000
MO	16	9.92558	2.11066	158.80933	6.63333	12.86000
ALSOIL	16	2.71750	0.66340	43.48000	1.60000	3.66000
CASOIL	16	0.76583	0.53760	12.25333	0.23333	2.26667
MGSOIL	16	0.54625	0.34044	8.74000	0.26667	1.73333
KSOIL	16	0.78292	0.45893	12.52667	0.23333	1.60000
CICE	16	4.81250	0.88567	77.00000	3.16667	5.80000
PSOIL	16	3.18750	0.87744	51.00000	1.80000	4.40000
NHOJAR	16	1.04258	0.13407	16.68134	0.83333	1.35767
PHOJAR	16	0.03282	0.01138	0.52505	0.00400	0.04800
SHOJAR	16	0.08112	0.02160	1.29798	0.02000	0.10333
CAHOJAR	16	0.91921	0.29419	14.70743	0.53333	1.56667
MGHOJAR	16	0.11611	0.02936	1.85778	0.10000	0.20000
KHOJAR	16	0.16050	0.04710	2.56794	0.10000	0.26667
FEHOJAR	16	1434	1015	22952	125.33333	3660
MNHOJAR	16	197.32117	50.81332	3157	119.66667	286.00000
CUHOJAR	16	13.66479	4.61639	218.63662	8.60000	24.00000
ZNHOJAR	16	28.52838	5.27141	456.45404	21.40000	42.33333
BHOJAR	16	16.16866	4.84799	258.69857	7.13333	24.36667



## 6. Bibliografía

Alvarado, A. 1985. El origen de los suelos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 54 p. (Serie Materiales de Enseñanza /CATIE, No. 24)

Aide, TM; Zimmerman, JK; Rosario, M; Marcano, H. 1996. Forest recovery in abandoned cattle pastures along an elevational gradient in northeastern Puerto Rico. *Biotropica* 28(4a):537-548.

Alvarez, E., Duque, A., Saldarriaga, J., Cabrera, K., de las Salas, G., del Valle, I., Lema, A., Moreno, F., Orrego, S. y Rodríguez, L. 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management* 267: 297-308.

Bohn. 1993. Química de suelo. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México.

Brown S, Iverson, L. 1992. Biomass estimates for tropical forests. *World Resource Review* 4(3): 366-383.

Brown S., Lugo A. E., 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6: 1-32.

Budowski G., 1965. Distribución de especies en el bosque húmedo tropical de América a la luz de los procesos de sucesión. In: La conservación como instrumento para el desarrollo. San José, Costa Rica, EUNED-MAGUSAID.1985, 213-219.

Buschbacher, R. Uhl, C., Serrao, E. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology - agris.fao.org*. 30602 (USA) Uhl, C. Buschbacher, R. United States. Bureau of Land Management. Wyoming State Office. United States. Forest Service.

Caguasango, S., Cadena, M. 2012. Modelación de la calidad de índice de sitio – Suelo sitio específico mediante criterios de disponibilidad de nutrientes en plantaciones de *Gmelina arborea* y *Pachira quinata* en Bosque seco tropical (Zambrano-Bolivar). Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. No. 18. Octubre de 2012. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Cannon, P.G. 1985. Comparative analysis of the soils in the Bajo Calima Concession in the primary forest and after clearcutting. In: W. E. Ladrach.

(Editor), Forest Research in the Bajo Calima Concession. Ninth Annual Report, May 1985, Cartón de Colombia, S.A. Cali, Colombia, pp. 95-98.

Carvalho, J.O.P. 1997 Dinâmica de florestas natural sus implicaciones para o manejo forestal. Curso de Manejo Forestal Sustentable. Curitiba: EMBRAPA, Brasil.

Castellanos, M. L. 2009. Tensores edafológicos que condicionan la disponibilidad de nutrientes para mangle en ambiente semiárido. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.

Clarck, D. B., Clarck, D. A. 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management*, 137, Pp 185-198.

Comisión Nacional de Certificación Forestal. CNCF. 1999. Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica. San José, Costa Rica. 54 p. GTZ. 27 p.

Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302 – 1309.

Corlett R.T., 1994. What is secondary forests? *Journal of Tropical Ecology*, 10: 445-447.

Cox, F. 1982. Indices de productividad en la evaluación de la calidad de sitio. Evaluación de la productividad de sitios forestales. Actas de Reunión de Trabajo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, 7-26.

Chacón, P., Leblanc, H., Russo, R., 2007. Fijación de carbono en bosques secundarios de la región tropical húmeda en Costa Rica. *Tierra Tropical* 3(1), 39-49.

Chazdon, R., Coe, F. 1999. Abundance and diversity of useful woody species in second-growth, old growth and selectively-logged forest of NE Costa Rica. In Guariguata, M.; Finegan, B. eds. *Ecology and management of tropical secondary forest: Science, people and policy*. Turrialba, CR, CATIE. p. 165 (CATIE. Serie Técnica. Reuniones Técnicas no.4)

Chazdon, R., Letcher, S., Van Breugel, M., Martínez-Ramos, F., Bongers, F., and Finegan, B. 2007. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forest following major disturbances. *Phil.Trans. R. Soc. B* 2007 362, (doi: 10.1098/rstb2006.1990).

De Camino, R. 1998. El manejo de los bosques naturales en América Latina; Análisis de problemas y perspectivas desde la realidad. I Congreso Latinoamericano de la IUFRO. Valdivia, Chile, IUFRO, Noviembre 20-26, 1998. Actas 22 p. (CD-ROM).



De Leenheer, L., De Boodt, M. 1959. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. Mededelingen. In: West-European Methods for Soil Structure Determination, pp. 51–78.

De Las Salas, G. 2002. Los bosques secundarios de America Tropical: Perspectivas para su manejo sostenible. Bois Et Forets Des Tropiques No. 272 (2) Forets secondaires. Le Point Sur.

Dubois J. C. 1990. Secondary forest as a land-use resource in frontier zones of Amazonia. In: Anderson A. B.(ed.): Alternatives to deforestation; steps toward sustainable use of the Amazon rain forest. Columbia University Press. 183-194 p.

Eamus, K., McGuinness, W., Burrows. 2000. Review of allometric relationships for estimating woody biomass for Queensland, the northern territory and western Australia. National Carbon accounting system. 56 p. (Technical report N° 5).

Faber-Langendoen, D. and Gentry, A.H. 1991. The structure and diversity of rain forest at Bajo Calima, Chocó Region, western Colombia. Biotropica, 23 2-11.

Faber-Langendoen, D. 1992. Ecological constraints on rain forest management at Bajo Calima, Western Colombia, For. Ecol. And Man., 53 213-244

Fedlmeier, C. 1996. Desarrollo de bosques secundarios en zonas de pastoreo abandonadas de la zona norte de Costa Rica .Ph.D.Thesis. Gottingen, DE, Georg D August University.177 p.

Fassbender, H. W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica. 492 p.

Fassbender, H. W., Bornemisza, E. 1987 Química de suelos con énfasis en América Latina. IICA.

Ferreira, M. Ch. 2001. Almacenamiento de carbono en bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 100 p.

Ferreira, M. Ch., Finegan, B., Kaninnen, M., Delgado, L. Segura, M. 2001. Composición florística y estructura de bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua. Revista Forestal Centroamericana. Comunicación Técnica. 44-50 p.

Finegan, B., Sabogal, C. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: Un estudio de caso en Costa Rica. El Chasqui (Costa Rica). No. 17:3-4.

Finegan, B. 1992. The management potential of neotropical secondary lowland rainforest. Forest Ecology and Management, 47: 295-321.

Finegan, B.1997. Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios de las zonas húmedas del trópico americano; recuperación de la biodiversidad y producción sostenible de madera. In: Memorias del Taller Internacional sobre el estado actual y potencial de manejo y desarrollo del bosque secundario tropical en América Latina. Pucallpa, Perú, E. Elías (ed.), Junio 2-6 1997, 106-120 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2012. Comisión Forestal para América Latina y el Caribe. Vigésima séptima reunión, Asunción, Paraguay, 5 – 9 de marzo de 2012. Manejo sostenible de los bosques. Nota de la Secretaría. FO:LACFC/2012/7 .

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2011. Situación de los bosques del mundo. Departamento de Montes. Roma.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Informe principal. Roma. [www.fao.org/docrep/013i1820s/i1757s.pdf](http://www.fao.org/docrep/013i1820s/i1757s.pdf).

Forero-Peña, L. A., Ordóñez, H. R. 1992. Estudio ecológico estructural del bosque de segundo crecimiento (5 a 20 años de edad) en el Bajo Calima. Buenaventura, Colombia. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima. Ibagué.

Forero-Peña L. A., Mora, J. 2010. Estrategias de medios de vida de comunidades negras del Bajo Calima. I Seminario Internacional de Bosques Naturales Secundarios. Buenaventura. Colombia.

Foster, R. B., Brokaw, N. V. 1982. Structure and history of the vegetation of Barro Colorado Island. In: The ecology of a tropical forest: seasonal rythms and long-term changes. E.G. Leigh, A.S. Rand and D.M. Wilson (eds.). Washington D.C., Estados Unidos, Smithsonian Institution Press, 67-81 p.

Francis, J. K. 2000. Estimating biomass and carbon content of saplings in Puerto Rican secondary forests. Caribbean Journal of Science 36(3-4): 346-350.

Gentry, A.H. 1988. Tree species richness of upper Amazonian forest. Proceedings. Naturalist. Academic. Science 85: 156- 159

Guariguata, M., Chazdon, R., Denslow, J., Dupuy, J. 1997. Structure and floristics of secondary and old-growth forest stands in lowland Costa Rica. Plant Ecology 132:107-120.

Guariguata, M. 2013. Avances y perspectivas del manejo forestal para uso múltiple en el trópico húmedo. CIFOR, Bangor, Indonesia.

Guariguata M., Ostertag, R. 2003. Sucesión secundaria. En: Guariguata, M. y Kattan, G. (eds.). Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional, Editorial Tecnológica de Costa Rica. Pp 591-624.

Guariguata, M., Kattan, G. H. 2003. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional, Editorial Tecnológica de Costa Rica. 691 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2008. Subdirección de Ecosistemas e Información ambiental. Grupo Bosques. Proporción de la superficie de tierras cubiertas con bosque con respecto a la superficie continental del país. Reporte al Sistema de Información del Medio Ambiente – SIMA- de la Comunidad Andina de Naciones- CAN. Bogotá. 6 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2004. Levantamiento de suelos y zonificación de tierras del Valle del Cauca. Hoja 260. Bogotá, IGAC.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2004. Levantamiento de suelos y zonificación de tierras del Valle del Cauca. Bogotá, IGAC. 377 p.

Ladrach, W. E. 1985. Historia y manejo de la concesión del Bajo Calima. In Investigación Forestal en la Concesión del Bajo Calima. Noveno informe anual. Cartón de Colombia S.A. Cali. 228 p.

Leiva, E. 2014. Determinación de la correspondencia de la hoja 4 con el estado nutricional del árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Colombia. Ciencias Agrarias. Palmira. 64 p.

Leiva, E., Ramirez, R. 2013. Microorganismos asociados a reciclaje de nutrientes en plantas perennes. Revista Suelos ecuatoriales, en prensa.

Louman, B. 2001. Introducción. En: Silvicultura de Bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Eds. Louman, B., Quirós, D., Nilsson, M. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 12-18.

Lozano, L. A., Gonzáles, C. 2009. Explotación maderera tradicional de tucas y varas en los bosques secundarios del Bajo Calima. En: Melo, O y Lozano, L. (Eds). Los Bosques secundarios del trópico húmedo colombiano. Caso del Bajo Calima. Pp. 81 – 110. Ibagué Universidad del Tolima. Editorial Universidad Nacional de Colombia. ISBN 978-958-9243-49-7.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2° Edition. Academic Press Limited. London. England. 889 p.

Martínez, H. 2006. Análisis ecológico silvicultural, con fines de manejo, del bosque secundario de la vereda las Brisas, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. Tesis doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Cali. Colombia.

Mazuera, G.H., 1979. Composition and growth of four to fifteen year old natural regeneration in the Bajo Calima Concession. In: W.E. Ladrach (Editor), Forest

Research in the Bajo Calima Concession. Ninth Annual Report, May 1985, Cartón de Colombia, S.A. Cali, Colombia, pp. 145-170.

Mazuera, G.H., 1979. Volume of tree boles and branches of a mixed tropical rain forest. In: W.E. Ladrach (Editor), Forest Research in the Bajo Calima Concession. Ninth Annual Report, May 1985, Cartón de Colombia, S.A. Cali, Colombia, pp. 183-206.

Melo, O., Lozano, L. 2009. Los bosques secundarios del trópico húmedo colombiano. Caso del Bajo Calima. Características y expectativas para el manejo sostenible y conservación de los ecosistemas boscosos del Bajo Calima Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia.

Montagnini, F., Jordan, C. 2003. Reciclaje de nutrientes. En: Guariguata, M. y Kattan, G. (eds.). Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional, Editorial Tecnológica de Costa Rica. Pp 167-192.

Mosquera, H., Moreno, F. 2010. Dynamics of Tree Aboveground Biomass in a Tropical Rain Forest of the Biogeographic Chocó. Tesis. Posgrado en Bosques y Conservación Ambiental. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Medellín – Colombia.

Nieto, A. 2009. Diversidad florística y elementos estructurales de los bosques secundarios del Bajo Calima. En: Melo, O., Lozano, L. (Eds). Los Bosques secundarios del trópico húmedo colombiano. Caso del Bajo Calima. (Pp. 81 – 110). Ibagué Universidad del Tolima. Editorial Universidad Nacional de Colombia. ISBN 978-958-9243-49-7.

Orrego, S., del Valle, J.I. 2003. Existencias y tasas de crecimiento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia. In Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. 31 p.

Osinaga, O., Báez, S., Cuesta, F., Malizia, A., Carrilla, J., Aguirre, N. y Malizia, L. 2014. Monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques andinos-Protocolo extendido. Protocolo 2 - Versión 1. CONDESAN / IER-UNT / COSUDE. Quito, Ecuador.

Plana, E. 2000. Introducción a la ecología y dinámica del bosque tropical. Universidad Autónoma de Barcelona.

Ramírez, R., Leiva, E. 2012. Dinámica de la agregación en andisoles tropicales. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.

Rivas-Martínez, O. 1985. Biogeografía y vegetación. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.

Rojas, A. M., 1979 Los bosques húmedos del Bajo Calima: Composición y Estructura. Buenaventura, Colombia. Ibagué, Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. 69 p.

Saldarriaga J., Uhl. C., 1991. Recovery of forest vegetation following slash-and-burn agriculture in the upper Rio Negro. In: Rain Forest Regeneration and Management. Gómez-Pompa, Whitmore, Hadley (ed.). MAB-UNESCO, V, 303-313

Saldarriaga, J.G., West, D.C., Tharp, M.L., Uhl, C., 1988. Long term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. *Journal of Ecology* 76, 938–958.

Sanchez, P. A. 1977 Soil management under Shifting cultivation. In: A review of soil research in tropical Latin America. North Carolina State University, Raleigh, Techn. Bull. 219, pp 46-60.

Sips, P. and van der Linden, B. 1998. Tropical Secondary Forest and Management: Potential, Constraints and Recommendations. In: Ecology and Management of Tropical Secondary Forest: Science, People, and Policy. Proceedings of a conference held at CATIE, Costa Rica, November 10-12, 1997/Manuel R. Guariguata and Bryan Finegan, eds.-Turrialba, C.R.: CATIE: IUFRO: CIFOR: WWF: GTZ,. 244 P. (Serie Técnica. Reuniones Técnicas/ CATIE; No. 4).

Taiz, L. and Zeiger, E. 2003. Plant Physiology. Tercera edición. Sinauer Associates, Inc., Publishers. p. 690.

Uhl, C., Jordan C.F. 1984. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. *Ecology* 65:1476-1490.  
<http://dx.doi.org/10.2307/1939128>.

Valencia, R., Foster, R., Villa, G., Condit, R., Svenning, C., Hernandez, C., Romolerou, K., Losos, E., Magird, E. Balslev, H. 2004. Trees species distribution and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador. *Journal of Ecology*, Vol. 92, No. 2, Pp. 214-229.

Vallejos, O. 1996. Productividad y relaciones de índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *T. grandis*, *B. quinatum* y *G. arbórea*, en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 147p.

Wright, J.A. 1997. Manejo e investigación forestal en la Concesión del Bajo Calima, Colombia. In Sabogal, C., Camacho, M., Guariguata, M.R., (eds.) Experiencias prácticas y prioridades de investigación y silvicultura de bosques naturales en América Tropical; Actas del Seminario-taller realizado en Pucallpa, Perú del 17-21 junio de 1996. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Eventos Especiales No 2. p. 137-142.

Yan, J., Wang, Y., Zhou, G., Zhang, D., 2007. Estimates of soil respiration and net primary production of three forests at different succession stages in South China. *Global Change Biology* 12 (5), 810–821

Zent, S., 1995. Clasificación, explotación y composición de Bosques secundarios en el alto río Cuao, Amazonas. Venezuela. *Scientia Guianae*. 5: 79-113